油茶地蜂生活史及相关生物学习性

黄敦元[1,2], 丁　亮[1], 张彦周[1], 黄海荣[1,3], 余江帆[4,5], 郝家胜[2,*], 朱朝东[1,*]

(1. 中国科学院动物研究所, 北京　100080; 2. 安徽师范大学生命科学院, 安徽芜湖　241000; 3. 北京林业大学省部共建森林培育与保护重点实验室, 北京　100083; 4. 中南林业科技大学, 长沙　410004; 5. 江西省林业厅科技与国际合作处, 南昌　330046)

摘要: 油茶地蜂 *Andrena camellia* Wu 是江西、湖南等地油茶花期主要传粉昆虫之一。2006 – 2007 年在江西宜春对油茶地蜂除成虫外各虫态的形态特征、生活史及幼虫和成虫的行为等生物学特性进行了观察研究。结果表明: 该蜂在江西宜春 1 年发生 1 代。成虫 10 月中旬开始出巢活动, 雄蜂早于雌蜂 3 d 左右出现, 完成交尾后数日死亡, 雄蜂出巢后寿命 18 d 左右, 雌蜂约 38 d。卵期约 8 d。幼虫期 24 d 左右, 幼虫取食完花粉球后长成老熟幼虫进入滞育期, 滞育期约 241 d。翌年 9 月中旬开始化蛹, 蛹期约 30 d。出土后的雌蜂当天就可以交配, 交配后的雌蜂在羽化地点附近选址筑巢, 采集油茶的花粉和花蜜于虫室中制成球形蜂粮并在上面产卵, 每粒花粉球上产卵一枚。

关键词: 油茶地蜂; 油茶; 野生蜜蜂; 传粉生物学; 生活史; 行为

中图分类号: Q968　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 0454-6296(2008)07-0778-06

Life history and relevant biological features of *Andrena camellia* Wu (Hymenoptera: Andrenidae)

HUANG Dun-Yuan[1,2], DING Liang[1], ZHANG Yan-Zhou[1], HUANG Hai-Rong[1,3], YU Jiang-Fan[4,5], HAO Jia-Sheng[2,*], ZHU Chao-Dong[1,*] (1. Insititute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. College of Life Science, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000, China; 3. Key Laboratory for Silviculte and Conservation Ministry of Education, Beijing 100083, China; 4. Centual South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China; 5. Technology and International Cooperation Office of Forestry Department of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China)

Abstract: *Andrena camellia* Wu is one of the major insect pollinators of *Camellia oleifera* found in Jiangxi and Hunan, China. In 2006 – 2007, we surveyed morphological features of all stages except adult, life history, and behaviour of both larvae and adults in Yichun, Jiangxi. The results indicated that this species occurs one generation a year in Yichun. Adults start to emerge in around middle October. Males normally emerge 3 days earlier than females, and die after copulation with females several days later. The life of males spans around 18 days after evacuating nests, while that of females 38 days. Larvae last 24 days or so, with pupae 30 days. Females can copulate with males at the same day as they emerge. They select localities to build their nests nearby where they emerge. Both pollens and nectar are carried into cells in the nest to make ball-like food for their offspring, with one ball-like food for one egg in each cell.

Key words: *Andrena camellia* Wu; *Camellia oleifera*; wild bees; pollination biology; life history; behaviour

油茶 *Camellia oleifera* 又名茶子树、油茶树, 系山茶科(Theaceae)山茶属 *Camellia* 植物, 是我国重要的木本油料树种, 也是我国基本的木本食用油料树种。油茶种植遍布我国中南、西南十六个省区及越南等国(庄瑞林, 1998)。我国目前的油茶种植总面积达 400 万 hm^2 (雷进声, 2005)。

基金项目: 国家自然科学基金项目(30670242, 30500056); 教育部留学回国人员科研启动基金(0611891135)

作者简介: 黄敦元, 男, 安徽人, 硕士研究生, 研究方向为传粉生物学及其相关研究, E-mail: huangdy@ioz.ac.cn

* 共同通讯作者 Authors for correspondence, 朱朝东, E-mail: zhucd@ioz.ac.cn; 郝家胜, E-mail: haojs@ioz.ac.cn

收稿日期 Received: 2007-12-20; 接受日期 Accepted: 2008-06-27

油茶地蜂 *Andrena camellia* Wu 属于膜翅目（Hymenoptera），蜜蜂总科（Apoidea），地蜂科（Andrenidae），地蜂属 *Andrena*，在江西、湖南、贵州等地一年 1 代。该属蜜蜂是典型的独栖性种类（Wafa *et al*.，1972；Litt，1988）。在长期的进化过程中，油茶地蜂成虫的活动期与油茶的开花物候相适应，是油茶花期主要传粉昆虫之一（吴燕如，2001）。该蜂羽化后即可交配、筑巢，筑巢时间发生在油茶盛花期的前期或中期，这一现象在单食性种类（monolectic）及寡食性种类（oligolectic）中表现尤为突出（Dafni *et al*.，2005）。丁亮等（内部交流）根据观察其访花的习性将油茶地蜂归为单访花性种类（Gauld & Bolton，1988）。

早在上世纪 80 年代，就有学者报道可以通过增加油茶地蜂 *A*. *camellia* Wu、大分舌蜂 *Colletes gigas* Cockerell、纹地蜂 *A*. *striata* Wu 等野生蜜蜂的种群密度来提高油茶的座果率（庄瑞林，1985）。近年来，我们在江西宜春、新余，湖南郴州等地对油茶地蜂的生物学、生态学和行为学等方面进行了广泛的研究，并将地蜂与油茶传粉做了进一步的结合试验，并对该蜂的行为学、营巢生物学、盗寄生等相关问题进行了报道（丁亮等，2007，2008）。但该蜂的完整生活史及其他生物学习性在国内外尚未有深入报道，本文主要报道该蜂这方面的生物学特性。

1　材料与方法

野外调查的时间从 2006 年 10 月到 2007 年 12 月。调查地点主要为江西省宜春市郊区的 4 个样地：江西宜春巫家样地（E114°31′，N27°47′），土质以第四纪（红）黄壤为主，杂质很少，地表密被禾本科杂草和蕨类芒萁 *Dicranopteris linearis*（里白科 Gleicheniaceae）；江西宜春西村鸟不停样地（E114°13′，N27°44′），土质为红壤（第四纪红色粘土），地表被浅草，裸土较多，树龄约 12 年的高产油茶人工林；江西宜春西村河北样地（E114°12′，N27°45′），土质为煤矿山渣土为主，土质坚硬富杂碎石；地表裸土较多但均被碎石。油茶都为 25 年以上的老树；江西省新余市渝水区水北镇样地（E115°04′，N28°04′），坡度很小，土质为红壤（第四纪红色粘土），地表少有浅草，裸土较多，树龄约 7 年的高产油茶人工林。

随机选择 200 个巢穴进行套杯处理，观察羽化期每个巢穴中地蜂的出巢数目及性比；采用白色涂改液标记成虫和竹签标记巢穴的方法跟踪观察成蜂的活动和寿命。定期挖掘地蜂巢穴（幼虫期每 10 d 挖掘 2 个巢穴，卵期及蛹期每 2 d 挖掘 3 ~ 5 个巢穴），观察记录油茶地蜂的生活史。

在研究过程中用照相机（Canon Power Shot S3 IS）拍摄各个虫期的图片，并用卷尺测量获得巢穴的相关参数。

油茶地蜂除成虫外各个虫态的描述术语参照落巨福和刘强（2006）。

2　结果与分析

2.1　油茶地蜂的蜜源植物

为确定油茶地蜂的蜜源植物范围，首先调查了油茶林内，花期与油茶同步的伴生植物。在江西宜春、新余，湖南郴州等样地调查中发现与油茶同花期的植物还有：茶 *Camellia sinensis*（山茶科 Theaceae），金锦香 *Osbeckia chinensis*（野牡丹科 Melastomataceae），一枝黄花 *Solidago decurrens*（菊科 Compositae），攀倒甑 *Patrinia villosa*（败酱科 Valerianaceae），马兰 *Kalimeris indica*（菊科 Compositae），地桃花 *Urena lobata*（锦葵科 Malvaceae），扁豆 *Lablab purpureus*（蝶形花科 Papilionaceae）等。

在新余水北样地、湖南长沙等地观察到油茶地蜂偶尔到访茶叶花的现象。通过对巢穴内花粉球和成蜂花粉篮中花粉进行镜检，确认油茶地蜂的蜜源植物为油茶和茶等 2 种山茶属植物，油茶地蜂为寡食性蜜蜂。

2.2　生活史

油茶地蜂在江西宜春地区一年发生 1 代，一生中的大部分时期处于老熟幼虫滞育状态。

自然条件下，成虫通常在每年的 10 月羽化并陆续出巢活动，一般雄性较雌性早 2 ~ 3 d 出巢，一个巢穴中成虫的出巢历期在 15 ± 2 d。油茶的盛花期（一般每年的 11 月初）是油茶地蜂成虫的活动高峰期。12 月中旬成蜂数量开始减少，12 月底基本不见其活动。单只雄蜂出巢后的寿命 18 d 左右，雌蜂 38 d 左右。卵期约 8 d，幼虫活动期约 24 d。幼虫取食完花粉球后开始滞育期，滞育期较长，历时约 241 d。于翌年 9 月中旬开始化蛹，蛹期约 30 d。成虫于 10 月中旬陆续羽化出巢，在羽化后当天即可交配，交配后的大多数雌蜂在羽化地点附近选址筑巢。油茶地蜂巢穴为单支近竖直的洞，筑巢过程中，成蜂在挖掘到一定深度后开始在主道附近修筑虫室，修筑好一

个虫室,然后开始外出采集山茶属植物的花粉到虫室中制作花粉球(蜂粮),待一个花粉球制作完成后,雌蜂在其上产卵一枚并封闭虫室,然后开始继续筑巢并修筑下一个虫室(丁亮,2007)。油茶地蜂的年生活史见表 1。

表 1 油茶地蜂的生活史(江西,宜春)

Table 1 The life history of *Andrena camellia* Wu (Yichun, Jiangxi)

虫态	9 月 Sept.	10 月 Oct.	11 月 Nov.	12 月 Dec.	1 月 Jan.	2 – 8 月 Feb. – Aug.
	上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下
	F M L	F M L	F M L	F M L	F M L	F M L
蛹 Pupa	○○	○○○				
成虫 Imago		+ +	+ + +	+ +		
卵 Egg		●	●●●	●●●		
幼虫 Larva			– – –	– – –	–	
老熟幼虫 Mature larva	± ± ±			± ± ±	± ± ±	± ± ±

± :滞育老熟幼虫 Diapause mature larva; + :出巢活动成虫 Emerged adult or active adult; ● :卵 Egg; – :幼虫 Larva; ○ :蛹 Pupa; F:上旬 The first ten days of the month; M:中旬 The middle ten days of the month; L:下旬 The last ten days of the month.

2.3 卵

卵近似微弯曲的长圆柱形,两端略钝尖,长约 2.366 ± 0.191 mm,直径 0.561 ± 0.06 mm。产在球状的蜂粮上,花粉球的直径约 4.050 ± 0.468 mm。刚产的卵无色透明略带乳白色(图版 Ⅰ:1),表面光滑。大约 8 d 后,卵壳内幼虫的形态发育完成,虫体缓慢的蠕动,然后以头部破卵而出,卵壳从背中线逐渐开裂。

2.4 幼虫

由于地蜂幼虫在密闭的虫室中发育且幼虫蜕皮现象不明显,在本研究中我们尚未详细记录幼虫的龄期和蜕皮现象,主要根据幼虫的发育情况和对花粉球的消耗情况进行初步的描述。

初孵幼虫以腹面与卵壳相连,呈半透明的浅乳白色(图版 Ⅰ:2),长 2.646 ± 0.238 mm,宽 1.025 ± 0.103 mm;借助花粉球表面的粘性和(或)幼虫体表的粘液粘在花粉球上取食。取食时,头部伸入蜂粮,身体不停地收缩和吞食蜂粮。幼虫稍大后便可观察到食物在消化道内从前向后逐渐流动的过程,食物在中肠后端开始积累,消化道的颜色也因此逐渐由后向前加深,逐渐能透过身体看到一条黄黑色的消化道,此时幼虫只取食,不排便。低龄幼虫生长缓慢,对花粉球的消耗较小,花粉球的消耗量大约只占整个花粉球的 1/10,体表光滑且看不到分节现象。

随着虫体的长大,节间褶皱逐渐由浅变深,粘在身体两侧卵壳也碎裂成条状,幼虫的颜色变成了乳白色(图版 Ⅰ:3)。大约 5 d 后,有 1 次明显的蜕皮,刚蜕皮的幼虫褶皱明显,身体明显呈'C'型,且对花粉的需求量开始增大,幼虫生长迅速。通过野外挖掘,我们采集到大量刚取食完花粉球的'C'型幼虫并对其中 60 个体进行了测量:体长 9.042 ± 0.425 mm,宽 2.683 ± 0.213 mm。

老熟幼虫体呈粗壮'C'型,体表光滑无毛,呈乳白色(图版 Ⅰ:4),体长 9.647 ± 0.443 mm,宽 2.825 ± 0.272 mm。头部宽圆,有明显的触角乳突,上颚具 2 齿(下口式),下颚须及下唇须明显可见,唾泵开口处为一大缝,且缝的外缘具唇状边缘。油茶地蜂以老熟幼虫滞育,滞育期约 241 d。

2.5 蛹

离蛹(图版 Ⅰ:5)。雌雄个体蛹的大小差异较大(图版 Ⅰ:6),雌蛹体长 9.302 ± 0.178 mm,宽 4.514 ± 0.312 mm;雄蛹体长 6.963 ± 0.155 mm,宽 2.877 ± 0.117 mm。体色初期乳白色,逐渐呈乳白色-淡黄色-土黄色-褐色-黑色;头胸部的颜色先于腹部变暗;腹部节间处随头胸部同时变黑,其余部位由褐色逐渐至黑色。复眼 1 对,单眼 3 只,位于额顶两复眼中间,呈倒三角形排列。初期单、复眼均无色,约 2 d 后变为浅粉色,并逐渐呈浅粉色-红色-暗红色-黑色。整个蛹期约 30 d,羽化完成后变成成虫,新成蜂打通虫室与主道之间的小径并沿主道爬出巢口。

2.6 成虫

成虫羽化出巢一般在油茶盛花期的前期,即每年 10 月中旬开始羽化出巢。一般油茶地蜂巢口直径大小为 5.019 ± 0.147 mm(n = 30)。通过我们对 200 个蜂巢的套杯处理(图版 Ⅰ:7),共收集到雌蜂 2 054 只,雄蜂 711 只,雌雄比约为 3:1。

雄蜂个体较小(图版 Ⅰ:8),体长为 8.501 ± 0.244 mm,不具有有采粉器官(花粉篮和腹毛刷),专司交尾。雌蜂个体较大(图版 Ⅰ:9)体长为 10.233

±0.365 mm，具有特有采粉器官（花粉篮）采集花粉并吸食花蜜而不伤害花朵，体表多毛易沾花粉。雌蜂承担筑巢、制作花粉球、产卵等任务。

2.7　成虫交配行为

刚出巢的雄蜂先寻找花朵，取食花蜜和少量花粉，以补充营养。雄蜂多在晴好天气早晨 9∶00 左右羽化出土，集中在早晨 9∶00 和下午 15∶00 左右采集花蜜和花粉。白天的其他时间守候在巢口附近寻找雌蜂。夜晚和大风低温天气躲到隐蔽的树叶下休息。雌蜂的出巢时间多数集中在晴好天气的 9∶00－17∶00，雌蜂出巢后一般在当天便可与雄蜂交尾，交尾地点多在巢口附近和向阳的树丛附近。雌蜂晚上栖息于巢室的主道内。

由于雄蜂羽化较雌蜂早且大多集中在巢口附近的杂草和灌木周围，所以在巢口附近和向阳树丛上都集中了大量寻找交配机会的雄蜂。一旦发现雌蜂，雄蜂迅速追逐与之交尾。交尾时雄蜂用上颚和足抓住雌蜂，并落在其背上，不断用前足拨动雌蜂的前胸背部，待雌蜂腹部末端上翘表示接受交尾时，雄蜂伸长并向下弯曲腹部，翻出阳茎，插入雌蜂的生殖孔。交尾持续约 40.668±7.367s（n＝20）后，雌蜂挣脱雄蜂飞走，有时可见雄蜂企图与同一只雌蜂再次交尾，但未见成功。由此推断，一只雄蜂可与多只雌蜂交尾，而雌蜂则一生可能只交尾 1 次。交尾后的雌蜂如果遇到再次来交配的雄蜂时，一般雌蜂腹部末端下翘，振动翅膀并迅速从叶片上坠落而逃离。

交配成功的雌蜂立即开始选址筑巢、访花、制作花粉球。当雌蜂开始筑巢后，仍有雄蜂前来骚扰，企图交尾，但都遭到拒绝。完成筑巢和做好花粉球后，雌蜂将卵产在花粉球上，一只雌蜂一生产卵 12～18 枚，多数为 14 枚。

3　讨论

低龄幼虫蜕皮本身不易观察清楚，加之油茶地蜂是地下营巢的，其巢穴及虫室内的适宜温度、适宜湿度等因素我们现在尚未测定，故我们目前还无法将地蜂移入实验室来饲养和观察。这样导致我们目前还无法具体描述油茶地蜂卵的发育过程和幼虫的具体蜕皮过程，并且无法精确确定幼虫龄期。

野外观察发现油茶地蜂仅到访的茶和油茶同属山茶科山茶属，而通过对花粉球的镜检，我们确认油茶地蜂不到访与油茶花期同期的其他科植物，所以，我们认为油茶地蜂是寡食性种类，而非单访花性地蜂。

早期出巢的雌蜂往往选择重复利用旧巢（或是利用旧巢口，但是巢穴的主道有所改变），这对后期出巢的同巢地蜂可能有一定的帮助；后期出巢的雌蜂一般在旧巢附近构建新的巢穴（吴燕如，1965；丁亮，2007），这与 Ayasse 等（1990），Neff 和 Simpson（1997）及 Giovanetti 等（1999）关于地蜂巢穴成片出现的结论是一致的。

同一个巢中，雄蜂出巢的时间一般分布在早期（一般较雌蜂早 2 d 左右）和中末期（一般在本巢第一只出蜂后的 10 d 左右），这样使得雌蜂能得到充足的交配机会，同时也体现了油茶地蜂对油茶初花期和末花期花粉资源限制的一种适应（魏永平等，2000），结合我们野外巢穴的挖掘也可以看到：在巢穴的上部和底部，由于花粉资源的限制，油茶地蜂制作的花粉球比较小，其中的蛹多为雄性，可能与一般雄性蜜蜂的发育需要较小的花粉球（魏永平等，2000）有关。

温度对昆虫的发育速率尤其是对昆虫幼虫的发育有非常明显的影响（王如松等，1982；吴晓晶和刘树生，1994）。据丁亮等（2007）研究发现：通常情况下油茶地蜂幼虫的虫室一般在 60～120 cm 左右深度的土壤中（土质极差巢址除外）。在冬季气温较低的时候，像这样深度的土壤中，土壤温度要明显高于气温且日变化幅度较小（杜尧东等，2004），这对油茶地蜂卵和幼虫的发育是非常适宜的。在我们的野外观察中发现：同一块样地，光照比较好的地方地蜂成虫出巢的时间相对要比树荫下早 3～5 d，这说明光照、土壤温度及其变化幅度可能对油茶地蜂的发育速率有一定的影响。

同时通过近 2 年的观察发现，油茶初花期的雨量及土壤湿度是地蜂选择筑巢地址的主要影响因素之一。2006 年油茶花期雨量较大，地蜂更多选择在向阳并伴有少量杂草的地址筑巢（丁亮等，2007）；而 2007 年年由于干旱，地蜂巢区多分布在很密闭的树下或选择在斜坡的阴面并伴有少量的杂草。

致谢　承蒙中国科学院动物研究所吴燕如研究员鉴定油茶地蜂标本并提供相关资料；感谢中南林业大学喻勋林教授鉴定油茶同期开花植物。江西宜春青龙高科公司的各位领导及该公司职工赖国华同志在实验过程中提供了巨大的支持和帮助，在此一并致谢。

参 考 文 献 (References)

Ayasse M, Leys R, Pamilo P, Tengb J, 1990. Kinship in communal nesting *Andrena* (Hymenoptera: Andrenidae) bees is indicated by composition of Dufour's gland secretions. *Biochem. Syst. Ecol.*, 18: 453-460.

Dafni A, Keven PG, Husband BC, 2005. Practical Pollination Biology. Enviroquest, Ltd., Cambridge, Ontario, Canada.

Ding L, Huang DY, Zhang YZ, Huang HR, Zhu CD, 2007. Observation on the nesting biology of *Andrena camellia* Wu (Hymenoptera: Andrenidae). *Acta Entomol. Sin.*, 50 (10): 1 077-1 082. [丁亮, 黄敦元, 张彦周, 黄海荣, 朱朝东, 2007. 油茶地蜂营巢生物学观察. 昆虫学报, 50(10): 1 077-1 082]

Ding L, Huang DY, Zhang YZ, Huang HR, Zhu CD, 2008. Behavioral biology of a species of cleptoparasitic bee, *Nomada* sp. *Chin. Bull. Entomol.*, 45(4): 604-607. [丁亮, 黄敦元, 张彦周, 黄海荣, 朱朝东, 2008. 盗寄生性蜜蜂——艳斑蜂的行为生物学观察. 昆虫知识, 45(4): 604-607]

Du YD, Liu JL, He J, 2004. Characteristics of soil temperature dynamics in vegetable field and its forecasting model in Guangzhou. *Chin. J. Ecol.*, 23(4): 52-56. [杜尧东, 刘锦銮, 何健, 2004. 广州地区蔬菜田土壤温度变化特征及其预报模型研究. 生态学杂志, 23(4): 52-56]

Gauld I, Bolton B, 1988. Hymenoptera. Oxford University Press. Oxford. 332 pp.

Giovanetti M, Andrietti F, Martinoli A, Rigato F, 1999. Evidence of entrance sharing and subterranean connections in *Andrena agilissima* (Hymenoptera: Andrenidae). *J. Insect Behav.*, 12(4): 423-431.

Lei JS, 2005. Study on experiments of raising seedlings by cuttage of *Camellia oleifera*. *Forest Inventory and Planning*, 30 (5): 123-125. [雷进声, 2005. 油茶扦插育苗试验. 林业调查规划, 30(5): 123-125]

Luo JF, Liu Q, 2006. Bionomics of *Megachile* (*Chalicodoma*) *desertorum*. *Chin. Bull. Entomol.*, 43(3): 352-355. [落巨福, 刘强, 2006. 沙漠石蜂的生物学特性. 昆虫知识, 43(3): 352-355]

Litt R, 1988. Observations sur *Andrena fulva* Schrk. (Apidae, Hymenoptera). *Rev. Vervietoise Hist. Nat.*, (Spring): 22-30.

Neff JL, Simpson BB, 1997. Nesting and foraging behavior of *Andrena* (*Callandrena*) *rudbeckiae* Robertson (Hymenoptera: Apoidea: Andrenidae) in Texas. *J. Kans. Entomol. Soc.*, 70 (2): 100-113.

Wafa AK, Rashad S, Moustafa MA, 1972. On the nesting habit of *Andrena ovatula* (K.). *Dtsch. Ent. Z.*, 19 (4-5): 303-306.

Wang RS, Lan ZX, Ding YQ, 1982. Studies on mathematical models of the relationship between insect development and temperature. *Acta Ecol. Sin.*, 2(1): 47-57. [王如松, 兰仲雄, 丁岩钦, 1982. 昆虫发育速率与温度关系的数学模型研究. 生态学报, 2(1): 47-57]

Wei YP, Yuan F, Zhang YL, Wang YH, 2000. The reproductive characteristics of *Osmia excavata* Alfken. *Acta Agriculturae Boreali-occdentalis Sinica*, 9(3): 35-38. [魏永平, 袁锋, 张雅林, 王亚红, 2000. 凹唇壁蜂繁殖特性研究. 西北农业学报, 9(3): 35-38]

Wu XJ, Liu SS, 1994. The influence of variable temperature upon rate of development in two insects. *Entomol. Knowl.*, 31 (4): 237-240. [吴晓晶, 刘树生, 1994. 变温对两种昆虫发育速率的影响. 昆虫知识, 31(4): 237-240]

Wu YR, 1965. Economic Insects of China, No. 9, Hymenoptera: Apoidea. Science Press, Beijing. [吴燕如, 1965. 中国经济昆虫志(第九册, 膜翅目蜜蜂总科). 北京: 科学出版社]

WU YR, 2001. Behaviour of bees. *Bulletin of Biology*, 36(10): 1-3. [吴燕如, 2001. 蜜蜂的行为. 生物学通报, 36(10): 1-3]

Zhuang RL, 1985. *Camellia oleifera* of China. China Forestry Publishing House, Beijing. 352-354. [庄瑞林, 1985. 中国油茶. 北京: 中国林业出版社. 352-354]

Zhuang RL, 1998. *Camellia oleifera* of China. 2nd ed. China Forestry Publishing House, Beijing. 1-20. [庄瑞林, 1998. 中国油茶. 第 2 版. 北京: 中国林业出版社. 1-20]

(责任编辑: 袁德成)

黄敦元等：油茶地蜂生活史及相关生物学习性 **图版Ⅰ**

HUANG Dun-Yuan *et al*.：Life history and relevant biological features of *Andrena camellia* Wu (Hymenoptera：Andrenidae) Plate Ⅰ

1：**油茶地蜂的卵和花粉球** The egg and pollen ball of *A*. *camellia*；2：**油茶地蜂的低龄幼虫** The young larva of *A*. *camellia*；3：**油茶地蜂的高龄幼虫** The old larva of *A*. *camellia*；4：**油茶地蜂的老熟幼虫** The matured larva of *A*. *camellia*；5：**油茶地蜂的蛹(♀)** The pupa of *A*. *camellia*(♀)；6：**油茶地蜂雌雄蛹的比较(左♀，右♂)** Comparison between female and male pupae (left ♀, right ♂)；7：**统计雌雄比的巢口套杯** The collecting-cup for the ratio of females and males；8：**油茶地蜂雄性成虫** An adult male of *A*. *camellia*；9：**地蜂雌性成虫携粉进巢** A female *A*. *camellia* carrying pollens to the nest.